

etterlys

NORGE



**STYRET
FOR DET INDUSTRIELLE
RETTSVERN**

Utlegningssskrift nr. 121884

Int. Cl. G 01 s 9/66 Kl. 74d-6/09 74d

Patentsøknad nr. 161.306 Inngitt 18.I 1966

Løpedag -

Søknaden alment tilgjengelig fra 1.VII 1968

Søknaden utlagt og utlegningssskrift utgitt 19.IV 1971

Prioritet begjært fra: 6.II-65 Tyskland,
nr. A 48345.

Atlas-Werke Aktiengesellschaft,
Stephanikirchenweide 15-19, 28 Bremen, Tyskland.

Oppfinner: Werner Schwarz,
Rockwinkeler Heerstrasse 79, Bremen, Tyskland.

Fullmektig: Siv. ing. Gunnar Lilletvedt.

Fremgangsmåte til sending og mottakning av lydbølger i vann.

Foreliggende oppfinnelse angår en fremgangsmåte til sending og mottakning av lydbølger i vann, med sending i form av lydsignaler med smalt frekvensspektrum og mottakning med et relativt bredt frekvensspektrum.

Ved fremgangsmåter av denne art består ofte nødvendigheten av å gjøre båndbredden av bestemte grunner større ved mottakning enn båndbredden av det mottatte nyttesignals energispektrum.

F.eks. skjer det ved horisontal ekkolodding med en utsendt puls i alminnelighet på grunn av lydkildens bevegelse og det reflekterende objekts bevegelse en Dopplerforskyvning av ekkoet som ofte nødvendiggjør at mottakningsbåndbredden for ekkoet må gjøres vesentlig større enn båndbredden av sendepulsens energispektrum. Ved den på

grunn av Dopplereffekten nødvendige store båndbredde øker andelen av det samtidig mottatte støynivå hvis energispektrum i alminnelighet er bredt sammenlignet med ekkoets energispektrum.

I andre tilfeller hvor man vil motta aktive sendepulser i andre ekkoloddingsretninger, men ikke på forhånd kjenner vedkommende anleggs sendefrekvens, må man gjøre båndbredden for mottakerkanalen meget større enn bredden av energispekteret for det andre anleggs utsendte pulser. Også her er den store på grunn av usikkerhet med hensyn til sendefrekvensen resulterende nødvendige mottakerbåndbredde forbundet med en sterk økning av den samtidig mottatt støyenergi.

Som støyenergi kommer i betraktning den støyenergi som stammer fra bærefartøyet for ekkoloddet resp. mottakerinnretningen, såvel som støy som stammer fra selve mediet, sjøgang, termisk vannstøy etc. Karakteristisk for disse støyarter er deres brede energispektrum. Videre frembringer et ekkoloddanlegg i seg selv et visst støynivå, den såkalte etterklang, som gjør nyttesignal - støyforholdet dårligere uavhengig av det ovenfor nevnte støynivå.

Hvis sendesignalet er en sinuspuls, så er båndbredden for det frembrakte etterklangstøynivå forholdsvis smalt.

Ved denne og andre lydoverføringer blir videre forbedringen av nyttesignal - støyforholdet vanskeliggjort ved at midten av nyttesignalet's bånd vilkårlig kan innta en hvilken som helst stilling innenfor den nødvendige mottakningsbåndbredde.

Det er kjent fremgangsmåter til forbedring av nyttesignalstøynivået, som enten bare er virksomme når støynivået er bredbåndet eller slike som forbedrer nyttesignalstøyforholdet i forhold til etterklangen, særlig smalbåndets etterklang. Andre fremgangsmåter som samtidig bevirker en forbedring av nyttesignalstøyforholdet med hensyn til etterklang og støynivå med bredbåndet energispektrum, er forbundet med nødvendigheten av meget komplisert apparatur. I det følgende angis noen eksempler på dette:

1. Forbedring av nyttesignalstøyforholdet i forhold til etterklang.

Her foretas ofte en smalbåndfiltrering av etterklangen og i dette tilfelle er det nødvendig å bringe egen-Dopplereffekten til 0. Denne fremgangsmåte forbedrer allikevel ikke nyttesignalstøyforholdet i forhold til bredbåndets støynivå, idet det her anvendes sinusformede sendepulser med smalbåndet energispektrum som først muliggjør smalbåndutfiltrering av etterklangsstøyenergien.

2. Fremgangsmåte til forbedring av nyttesignal-støyforholdet ved bredbåndet støynivå.

Her sendes det ut sinuspulser. Mottakningen deles opp i en venstre og en høyre mottakergruppe (Split Beam Technique), hvis utgangssignaler tilføres en korrelator.

3. Forbedring av nyttesignal-støyforholdet med hensyn til bredbåndet støy såvel som etterklang.

De utsendte pulser er sinusformige. Hele det frekvensbånd som er bestemt av den ventede Dopplereffekt utenfra, blir oppdelt i n smalbåndede kanaler idet n fremkommer ved at den samlede båndbredde divideres med den for overføring av ekkopulsen nødvendige båndbredde. Utgangssignalene fra n mottakerkanaler avledes uten videre informasjonstap.

Til grunn for oppfinnelsen ligger den oppgave ved en fremgangsmåte for sending og mottakning av lydbølger i vann i form av signaler med smalbåndet energispektrum av omhyllingskurven og mottakning med relativt større båndbredde, å forbedre nyttesignal-støyforholdet. En ytterligere viktig oppgave med oppfinnelsen er å tilveiebringe en slik universelt virksom støybegrensning med meget enkle og også pålitelige hjelpemidler.

For løsning av denne oppgave går oppfinnelsen ut fra den overlegning at det av det mottatte bredbåndede energispektrum i hvilket nyttesignalet befinner seg med en på forhånd ikke kjent midtfrekvens, må det utledes et energispektrum i hvilket nyttesignalet opptrer med kjent midelfrekvens. Et slikt energispektrum kan i virkeligheten utledes, slik det kan påvises, ved hjelp av i og for seg kjente midler i modulasjonsteknikken.

Ut fra denne overlegning løses den stilte oppgave ifølge oppfinnelsen ved at av det mottatte lydbølgefrekvensspektrum, bestående av den andel som stammer fra det utsendte signal, og den andel som består av fremmedlyd (f.eks. sjøgang, støy fra skip og lignende), samt eventuell etterklang som stammer fra det utsendte signal, dannes ved produktdannelse i to parallellkoblede produkt-dannere med hvert sitt hjelpesignal med konstant frekvens og konstant amplitude, produktene hvoretter disse produkter blandes i en blander, og de ved blandingen dannede modulasjonsprodukter filtreres i et filter hvis båndbredde tilnærmet tilsvarende nyttesignalets båndbredde, og hvis midelfrekvens er lik den konstante frekvens av hjelpesignalet, og deretter anvises. Herved oppnås på enkel og meget virksom måte en støybegrensning som er generell anvendbar og som ifølge sin enkelhet

med hensyn til de hjelpemidler som er nødvendige, også gir et apparat med tilsvarende liten følsomhet overfor støy.

Et utførelseseksempel på oppfinnelsen skal forklares nærmere under henvisning til tegningen.

Figur 1 viser et prinsippskjema for en anordning for utførelse av fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen.

Figur 2 viser et blokkskjema for en anordning ifølge figur 1 for anvendelse av fremgangsmåten ved ekkolodding under vann.

Figur 3 viser et diagram for forklaring av virkemåten av anordningen på figur 2 ved bredbåndet støynivå og smalbåndet nyttesignal.

Figur 4 viser på samme måte et diagram for bredbåndet støynivå og nyttesignal med endelig båndbreddespektrum.

På figur 1 er bare vist mottakerkanalen. Det av mottakeren 1 mottatte signal I kan stamme fra forskjelligeartede energikilder, f.eks. kan det være et energispektrum som ved ekkolodding reflekteres tilbake fra utbredelsesmediet, og som har den spektrale sammensetning som f.eks. er vist på figur 3 eller 4. Signalet I består ifølge figur 3 av et smalbåndet nyttesignal N_I og et bredbåndet støynivå S_I , og signalet I' på figur 4 består av et nyttesignal N'_I , med endelig båndbreddespektrum og et bredbåndet støysignal S'_I .

I det mottatte energispektrum I ligger nyttesignalet med sin middelfrekvens på et ikke forut kjent sted i det bredbåndede, mottatte energispektrum. Hvis som vist på figur 1 det mottatte energispektrum I over to atskilte kanaler 2 og 3 tilføres en blander 4, idet energispektret I i kanalene 2 og 3 underkastes en produktdannelse med et signal med konstant frekvens og amplitude, slik at blanderen 4 tilføres to energispektra IIa og IIb som er avledet av det mottatte energispektrum, så får man ved blandingen i blanderen 4 på i og for seg kjent måte modulasjonsprodukter og blant disse modulasjonsprodukter befinner det seg alltid i det minste ett energispektrum III i hvilket nyttesignalet N_{III} opptrer frekvensuavhengig med en fast middelfrekvens f_0 som stemmer overens med middelfrekvensen for hele energispekteret og dermed med middelfrekvensen for støyspekteret S_{III} (se figur 3 og 4).

For avledning av energispektrene IIa og IIb kan det i kanalene 2 og 3 være anordnet blandere 5 og 6 i hvilke det mottatte energispektrum I multipliseres med hvert sitt signal med konstant frekvens og amplitude fra signalkilder 7 og 8.

Samtlige modulasjonsprodukter som derved oppstår kan påtrykkes blanderen 4. Man kan imidlertid også ved hjelp av filtre 9 og 10 på forhånd filtrere ut de modulasjonsprodukter av hvilke det ønskede energispektrum med fast middelfrekvens f_0 dannes ved blanding.

Det således dannede energispektrum $III = N_{III} + S_{III}$ med fast middelfrekvens f_0 blir deretter ved hjelp av et filter 11 på en for fagmannen kjent måte, tilpasset energispekteret for nyttesignalet N_{III} omhyllingskurve, tilført en vilkårlig indikator eller styreinnetning 12. Derved vil på kjent måte en størst mulig andel av nytteenergien, men en minst mulig andel av støyenergien bli sluppet gjennom hvilket ved fast posisjon av middelfrekvensen for nyttesignalet N_{III} i energispekteret III i motsetning til den ubestemte posisjon av middelfrekvensen i nyttesignalet N_I i energispekteret I, vil muliggjøre en vidtgående støybegrensning.

Fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen skal beskrives nærmere under henvisning til figur 2 - 4.

Den på figur 2 viste kopplingsanordning har en sendekanal S og en mottakerkanal E. Sendekanalene og mottakerkanalen danner til sammen et ekkolodd. Med mottakerkanalen alene kan det også mottas signaler fra fremmede anlegg.

En elektroakustisk omformer 1 tjener såvel til utsending av søkepulser som for mottakning av ekkopulser. Ved utsending av en søkepuls som leveres av en sender 13 og en pulsgenerator 14, befinner venderen 16 seg i stillingen a og ved mottakning i stillingen b. Båndbredden for den mottatte nytteenergi og støyenergi begrenses først ved hjelp av et filter 17. Båndgrensene for båndfilteret 17 er avhengig av i hvilket frekvensområdet mottakning av nytteenergien er ventet. Det filtrerte signal l med nytteenergiandelen N_I og støyenergiandelen S_I tilføres en blander 5. Her blir signalet overlagret med en konstant frekvens f_0 fra en oscillator 7. I blanderen 4 blir det etter blandingen i blanderen 5 dannede signal IIa overlagret det signal I som tas fra utgangen av båndfilteret 17. Utgangssignalet III fra blanderen 4 tilføres så et båndfilter 11. Den nedenfor beskrevne forbedring av nyttesignalstøyforholdet refererer seg til nyttesignal-støyforholdet i utgangen fra båndfilteret 11.

Med ekkoloddet må det skilles mellom de tilfeller hvor bredbåndets støynivå (sjøgangsstøy, egenstøy fra skipet, egenstøy fra inngangstrinnet) påvirker tydeligheten av nyttesignalet eller hvor etterklang oppstår som følge av selve ekkoloddets pulsutsending.

Først skal det tilfellet betraktes hvor støynivået er

bredbåndet:

Det mottatte nyttesignal N_I er til å begynne med en sinus-puls av meget kort varighet og hvis båndbredde altså er meget smal og går mot 0. Middelfrekvensen for dette signalspektrum ligger vilkårlig innenfor båndbredden av båndfilteret 17, dvs. at middelfrekvensen ikke er kjent på forhånd, men båndmiddelfrekvensen for båndfilteret 17 er f_m (se figur 3).

I blanderen 5 blir energispekteret I blandet med frekvensen f_0 som tilveiebringes av oscillatoren 7. I utgangen av blanderen 5 oppstår blant andre et spektrum IIa som er et speilbilde av spekteret I. I blanderen 4 blir så spekteret IIa blandet med det opprinnelige spektrum I. Derved oppstår spekteret III. Som det fremgår av figur 3 ligger middelfrekvensen for nyttesignalet N_{III} i midten av spekteret III på frekvensen f_0 uavhengig av sin posisjon i det opprinnelige spektrum I, og denne frekvens f_0 bestemmes av oscillatoren 7. Ifølge den forutsetning at båndbredden av nyttesignalet N_I er meget smal, dvs. skulle gå mot 0, kan man for utfiltrering av nyttesignalet, gi båndfilteret 11 en båndbredde som er nøyaktig tilpasset båndbredden for signalet N_{III} spektrum, og som i dette tilfellet går mot 0. Derved blir den av filteret gjennomsluppene støyenergi S_{III} meget liten i forhold til nytteenergien N_{III} , slik at nyttesignal-støyforholdet i utgangen av filteret 11 blir uendelig stort mens derimot dette forhold i utgangen fra filteret 17 er endelig og har en vesentlig lavere verdi. Den ventede forbedring av nyttesignal-støyforholdet i dB er da

$$10 \times \log \left(\frac{\Delta f}{\Delta f_i} \right)$$

hvor Δf er båndbredden av inngangsfilteret 17 og Δf_i er båndbredden av filteret 11.

Hvis nyttesignalet er en sinuspuls av endelig lengde, og pulsens frekvensspektrum altså ikke er vilkårlig smal, men har praktisk endelig bredde, vil man oppnå det forhold som fremgår av figur 4. Den derved oppnådde forbedring av nyttesignal-støyforholdet fremgår av sammenligning av tilsvarende flater på figur 4 under hensyntaken til anvendelse av båndbredden for filterene 17 og 11.

Nedenfor skal betraktes det tilfelle hvor støynivået skyldes etterklang.

Ved utsending av en puls ved ekkolodding reflekterer ikke

bare det objekt hvis avstand og retning skal bestemmes, men en stor del av den utsendte energi reflekteres også fra havbunnen og fra havoverflaten, såkalt flateetterklang, men det oppstår også ekko fra reflekterende partikler som befinner seg i et visst volum av vannet, såkalt volumetterklang.

Det som søkes oppnådd med oppfinnelsen er en ekstra forbedring av nyttesignal-støyforholdet ved etterklang under bibehold av de ovenfor på mottakersiden beskrevne hjelpemidler. I den hensikt gis sendepulsene bestemte egenskaper som fører til at nytteekko skilles fra etterklangsekko på sådan måte at anvendelsen av mottakeranordningen på figur 1 eller 2 fører til en forbedring av nyttesignal-støyforholdet. Her utnyttes den forskjell mellom nytteekko og etterklangsekko at det søkte objekt i alminnelighet i utstrekning er mindre enn utstrekningen av flater resp. volum som til enhver tid bidrar til etterklang dvs. støyenergi. Nytteekkoet vil være lik den utsendte puls desto mer jo mindre objektets dimensjoner er i rommet. Sender man f.eks. ut en bredbåndet kontinuerlig eller også vilkårlig frekvensmodulert sinuspuls med konstant amplitude, så vil til å begynne med i løpet av en loddeperiode den samelde mottatte etterklangsstøyenergi ikke være mindre enn ved en sinuspuls med konstant frekvens. Ut over dette vil nytteekkoet fra en konsentrert reflektor og etterklangsstøyekkoet i sitt energispektrum, dvs. i sin spektrale energi, tegnet opp over frekvensen ikke viser noen nevneverdig forskjell. Stor blir imidlertid forskjellen mellom tidsfunksjonene for nytteekkoet og etterklangsekkoet (se "Principles and Applications of Underwater-Sound", fra side 98, U.S. Department of Commerce).

Den prinsipielle fremgangsmåte består så i ved utsendelse av sendepulser med bestemte egenskaper som skal forklares næremer nedenfor, og gjøre tidsfunksjonene for etterklang og nytteekko mest mulig forskjellig og omsette denne forskjell i tidsfunksjonene med de ovenfor for mottakning beskrevne hjelpemidler, til en forskjell i energispektrene for nytteekkoet og etterklangsekkoet, på sådan måte at det muliggjøres en smalbåndet utfiltrering av nytteekkoet N_{III} med tilsvarende forbedring av nyttesignal - støyforholdet.

Ved etterfølgende beregning som er basert på de hjelpemidler som er anvendt på figur 1 og 2, vil ytterligere belyse fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen. Tidsfunksjonen for nyttesignalet er i generell form:

$$a_1 = A_1(t) \cos(\omega_1(t) \cdot t)$$

Tidsfunksjonen for støysignalet er i generell form:

121884

$$a_2 = A_2(t) \cos(\omega_2(t) \cdot t)$$

Tidsfunksjonen for den fra oscillatoren 7 frembrakte spenning er:

$$a_0 = A_0 \cos(\omega_0 t) \text{ med } \omega_0 = 2\pi f_0$$

I blanderen 5 med bærebølgeundertrykning dannes først modulasjonsproduktet

$$(a_1 + a_2) \cdot a_0$$

bare sidebåndet med den laveste frekvens betraktes, i dette tilfelle

$$\omega_0 \ll \omega_2, \omega_1.$$

Man får da:

$$\underbrace{1/2 (A_1(t) A_0 \cos(\omega_0 - \omega_1(t)) t)}_{b_1} + \underbrace{1/2 A_2(t) A_0 \cos(\omega_0 - \omega_2(t)) \cdot t}_{b_2}$$

Det andre sidebånd ligger i frekvens langt borte. Bærebølgen er som ovenfor undertrykket. Blandetrinnet 4 danner modulasjonsproduktet:

$$1/2 (b_1 + b_2) \cdot (a_1 + a_2)$$

Ved utfiltrering av de ønskede sidebånd og undertrykning av bærebølgen dannes følgende fire summander:

- 1) $1/2 (b_1 a_1) \cong \frac{A_1(t) A_0}{2} \cos(\omega_0 t);$
- 2) $1/2 (b_1 a_2) \cong \frac{A_1(t) A_0 A_2(t)}{2} \cos(\omega_0 - \omega_1(t) + \omega_2(t)) t;$
- 3) $1/2 (b_2 a_1) \cong \frac{A_2(t) A_0 A_1(t)}{2} \cos(\omega_0 - \omega_2(t) + \omega_1(t)) t;$
- 4) $1/2 (b_2 a_2) \cong \frac{A_2(t) \cdot A_0}{2} \cos(\omega_0 t);$

Summen av disse fire ved den andre blanding dannede signaler tilføres båndfilteret 11. Båndfilteret 11 er dimensjonert slik at nyttesignalets hovedandel, nemlig summanden 1) slippes gjennom ubeskåret. Forbedringen i nyttesignal - støyforholdet er avhengig av hvorledes forholdet er mellom båndbreddene for hovedandelen for nyttesignalet N_{III} , nemlig summanden 1) og hovedandelen av støysignalet S_{III} , nemlig summanden 4).

Summandens 1) smalbåndethet er bare avhengig av nyttesignalet $A_1(t)$ av omhyllingskurven, men ikke av nytteekkoets tidsfunksjon $\omega_1(t)$. Omhyllingskurven $A_2(t)$ av støysignalet derimot er meget sterkt avhengig av sendesignalets tidsfunksjon $\omega_1(t)$.

Amplitudemodulasjonen $A_2(t)$ bestemmer imidlertid båndbredden for summandens 4) energispektrum. Den blir desto større jo mere bredbåndet sendesignalets tidsfunksjon $\omega_1(t)$ er. Fremgangsmåten til forbedring av nyttesignal - støyforholdet består således i å sende ut et sendesignal hvor omhyllingskurvens $A_1(t)$ energispektrum er minst mulig og hvor tidsfunksjonens $\omega_1(t)$ energispektrum er størst mulig, for at summanden 1) skal være mest mulig smalbåndet, og summanden 4) skal være mest mulig bredbåndet.

Summandene 2) og 3) blir uten videre bredbåndet fordi de er sterkt frekvens- og amplitudemodulert. Deres energiandeler når derfor på grunn av liten båndbredde av filteret 11, bare en ubetydelig verdi i forhold til summanden 4).

Et enkelt utførelseseksempel er anvendelsen av en sendepuls med konstant amplitude og lineær frekvensmodulasjon. Med andre former av pulsens omhyllingskurve og dermed passende frekvensmodulasjon oppnår man enda bedre resultater, hvis dertil energispekteret av $\omega_1(t)$ er enda bredere i forhold til energispekteret $A_1(t)$ av sendesignalets omhyllingskurve (klokkeformet puls med dertil maksimalt avstemt frekvensmodulasjon).

Begynnelsen av støysignalets

$$a_2 = a_2(t) \cos(\omega_2(t)t)$$

tidsfunksjon er i denne alminnelige form ikke spesialisert på etterklangsstøynivå. Det betyr imidlertid at nyttesignal-støyforholdforbedringen ikke bare er begrenset til etterklang som støynivå, men oppnås generelt når summanden 4) har et bredt energispektrum i forhold til summanden 3). Det er imidlertid også tilfelle for bredbåndet isotropt støynivå, slik at den her beskrevne fremgangsmåte er like effektiv såvel for forbedring av nyttesignal-støyforholdet ved etterklang som ved bredbåndet støy.

P a t e n t k r a v :

1. Fremgangsmåte til sending og mottakning av lydbølger i vann med sending i form av lydsignaler med smalt frekvensspektrum og mottakning med et relativt bredt frekvensspektrum, k a r a k - t e r i s e r t ved at av det mottatte lydbølgefrequensspektrum

($I = N_I + S_I$), bestående av den andel som stammer fra det utsendte signal (nyttesignalet N_I), og den andel som består av fremmedlyd (f.eks. sjøgang, støy fra skip og lignende), samt eventuell etterklang som stammer fra det utsendte signal (støysignalet S_I), dannes ved produktdannelse i to parallellkoplede produkt-dannere (2,3) med hvert sitt hjelpesignal med konstant frekvens (f_0) og konstant amplitude, produktene (IIa og IIb), hvoretter disse produkter blandes i en blander (4), og de ved blandingen dannede modulasjonsprodukter filteres i et filter (11) hvis båndbredde tilnærmet tilsvarende nyttesignalets (N_I) båndbredde, og hvis middelfrekvens er lik den konstante frekvens (f_0) av hjelpesignalet, og deretter anvises.

2. Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t ved at i det minste ett av de to utledede energispektra (IIa, IIb) dannes ved produktdannelse med en konstant.

3. Fremgangsmåte ifølge krav 1 eller 2, k a r a k t e r i s e r t ved at sendesignalets forhold mellom båndbredden av energispekterets omhyllingskurve og båndbredden av selve signalets energispektrum er svært lite.

Anførte publikasjoner: -

121884

